

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-069490

(43)Date of publication of application : 11.03.1994

(51)Int.Cl.

H01L 27/15

G02B 6/12

G02F 1/35

H01S 3/10

(21)Application number : 04-216920

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 14.08.1992

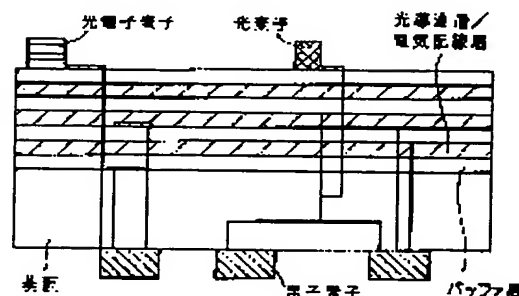
(72)Inventor : YOSHIMURA TETSUZO
 TATSUURA SATOSHI
 TOYAMA WATARU
 MOTOYOSHI KATSUSADA
 ISHIZUKA TAKESHI
 TSUKAMOTO KOJI
 YONEDA YASUHIRO

(54) ELECTRONIC OPTICAL CIRCUIT

(57)Abstract:

PURPOSE: To simplify waveguide wiring in an optical circuit by providing optical devices and electronic devices and/or photoelectronic devices on both surfaces of a board and connecting to respective devices at least a part of optical waveguide and electrical wirings formed on the both surfaces of the board.

CONSTITUTION: Optical devices such as semiconductor laser, LED, photodiode, etc., or photoelectronic integrated circuits are fixed on the upper surface of a board where light a waveguide is formed, while electronic devices such as ICs, etc., are fixed on the lower surface of the board where electrical wiring are prepared. Then the both surfaces are connected by means of electrical wirings or optical wirings communicating each other in the board, an optical waveguide and an optical fiber are connected on the surface of an optical circuit, and optical waveguide devices and optical devices are integrated to constitute an electronic optical circuit at the same time. Further, when the optical waveguide is constructed by nonlinear optical effect materials such as pendant-added type polymer, etc., optical switches, modulators, etc., can be built in the board, thereby enabling flexible optical wiring.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.11.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 09.10.2001

[Kind of final disposal of application other than

BEST AVAILABLE COPY

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

• NOTICES •

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. *** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] About an electronic optical circuit, in more detail, this invention is rich in flexibility and relates to the electronic optical circuit which can respond to a complicated interconnection.

[0002]

[Description of the Prior Art] An optical circuit begins the optical interconnection and the optical exchange of a computer, and it is as being known well to play an important role in various optical systems. An example of the typical optical circuit by which the conventional proposal is made is shown in drawing 1. In this example, between electronic devices, such as IC and a multi chip module, is combined by optical waveguide, and signal transduction is performed. However, in this optical circuit, if the number of ICs increases and connection becomes complicated, it will become important to produce the need of making waveguide crossing frequently, and to take an interface with semiconductor laser or a photodiode smoothly. Moreover, although large refraction of waveguide must be taken if the number of ICs increases and connection becomes complicated, in the single mode waveguide usually used now, it is difficult to enlarge deflection of waveguide. On the other hand, when it was going to give the optical switch and the light modulation function to waveguide, there was dilemma that single mode waveguide was desirable. Furthermore, on the substrate, electron devices, such as IC for driving a waveguide optical switch and an optical modulator and amplifier of an input signal, become jostling, and pose a big problem also from on mounting.

[0003] Moreover, in an optical interconnection etc., although it is desirable for there to be an optical amplifier function, now, as optical amplifier, the thing of a fiber configuration is most like Er doped fiber or Pr doped fiber, and there is a problem that application to an optical circuit is difficult.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention solves the trouble of the above mentioned conventional electronic optical circuit, and it is rich in flexibility, and aims at offering the electronic optical circuit which can respond to a complicated optical interconnection.

[0005] This invention arranges an electronic device and OEIC and aims at offering the simple electronic optical circuit which can perform optical connection only by performing electric contact again.

[0006] This invention aims at offering the electronic optical circuit which can simplify waveguide wiring in an optical circuit by exchanging light among further two or more optical circuits.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In the first mode of this invention, the above-mentioned problem is solvable by equipping both sides of a substrate with an optical device, and an electron device and/or a photoelectron device, and introducing a multilayer circuit further.

[0008] In the second mode of this invention, conventionally, by making connection with the optical waveguide and the optical fiber which were performed from the optical waveguide end face make on an optical circuit front face, unifying a waveguide device and a fiber device, and

http://www4.ipdl.ncipj.go.jp/cgi-bin/tran_web.cgi.ejje

2005/10/03

of this invention was shown notionally. Although this example showed the example of multilayer waveguide structure, it is not necessary to necessarily consider as multilayer structure. In this mode, all or a part of association of optical devices, such as semiconductor laser, a photodiode, a photo transistor, and an optical switch, and waveguide is performed through the optical fiber (an optical-fiber ribbon or a handle is included) of the quality of the materials, such as a quartz and a polymer. In that case, the optical circuit side is beforehand equipped with the optical fiber, and the fiber which connected the optical device with it or was connected to the light corpuscle child is connected on an optical circuit side. Or it connects on the optical-path side which equips an optical circuit side with a fiber beforehand, and connects the fiber also to the light corpuscle child, and connects them. It can be based on the approach which used for connection of a fiber and waveguide the hologram as shown in the optical switch explained later. The component with which it equips on a substrate can be made into the multi chip module which comes to accumulate an optical device, an electron device, a photoelectron device, two or more optical devices, two or more electron devices, and/or two or more photoelectron accumulation devices on a chip. Moreover, it is good also as a board which carried these. In this case, as for a board, building and installing to an optical circuit side is desirable.

[0017] Moreover, an optical amplification fiber is taken out from an optical circuit side, as shown in drawing 4, and it is pump light (for example, in the case of thulium doped glass fiber, ~680nm amplifies the light near 800nm with pump light.). In the case of erbium doped glass fiber, it is with the pump light near 1 micrometer. By amplifying the light near 1.5 micrometer by magnification, and returning to an optical circuit side, optical amplification can be performed in a required part. Since the burden to the electric magnification after photo electric conversion decreases by this or electric magnification becomes unnecessary, a system can be simplified.

[0018] Other examples of the electronic optical circuit which followed drawing 5 at the fifth mode of this invention are shown. In this example, one side of waveguide is optical amplification waveguide which has an optical amplifier function, although the ion to dope changes with wavelength to be used — for example — a 1.5-micron band — Er ion and a 1.3-micron band — Pr ion Tm ion can be used with 0.8-micrometer band. The light from semiconductor laser is amplified with pump light (for example, laser light with a wavelength of 0.98 microns), and let this be the decrease of supply of light (source of photoelectricity). It is equipped with optical devices, such as a photodiode (PD), and the electrode is formed in the optical circuit corresponding to the input/output terminal of IC. If such an optical circuit substrate is equipped with IC, according to the electrical potential difference of the output terminal of IC, the refractive-index modulation of EO (electro-optics) polymer (by the polymer which shows the Pockels effect, a refractive index changes in proportion to an electrical potential difference) will arise, and most or some of source of photoelectricity of light will be taken up. This light is sent to the photodiode formed corresponding to other input pins, and is inputted into IC as an electrical signal by photo electric conversion. Signal luminous intensity here With 0.1-1mW order extent, if strong, electric magnification will become unnecessary, or it will end by magnification of a low amplification factor. Optical amplification waveguide may be put on the path of the lightwave signal after pickup with the optical switch. Moreover, the location of EO polymer may not be limited to the location of drawing, but may be formed in the waveguide layer, the cladding layer, or the layer of these both.

[0019] An example of an electronic optical circuit which followed drawing 6 at the third mode of this invention is shown. In the example of drawing 6 (A), (B), and (C), some ICs are carried, for example on a silicon wafer, and the optical circuit substrate of a multi chip module (MCM) is shown in it (refer to drawing 6 (A)). As shown in drawing 6 (B), two or more installation of these may be carried out on the mother board. The output of each of such MCM is connected to the Kushiata electrode, and the other end of the Kushiata electrode has fallen on the gland. The Kushiata electrode is prepared on waveguide, and as long as the electrode is built over waveguide, the thing of size small as much as possible is desirable. Moreover, the waveguide and/or the buffer layer under the Kushiata electrode can consist of electrooptic material with the Pockels effect, for example, an organic nonlinear optical crystal, (for example, pendant addition mold polymers, such as MNBA, and DAN, MNA, a principal chain mold polymer, a

http://www4.ipdl.ncipj.go.jp/cgi-bin/tran_web.cgi.ejje

2005/10/03

connecting with the electronic optical circuit of further others, an optical amplification fiber can be attached still more preferably and the above-mentioned problem can be solved by amplifying the light of a required part in an optical circuit.

[0009] In the third mode of this invention, the above-mentioned problem is solvable with the electronic optical circuit to which the optical circuit exterior is made to carry out outgoing radiation of a part or all of guided wave light from the waveguide in an optical circuit by refractive-index change produced in electrical-potential-difference impression, and data were sent in the electronic optical circuit which the optical switch or the modulator was made to correspond to the output terminal of an electronic device, and formed it.

[0010] In the fourth mode of this invention, the above-mentioned problem is solvable with an optical switch again by performing mode transformation and optical-path conversion with a waveguide hologram ingredient by changing a mode number suitably for every location of an electronic optical circuit.

[0011] In the fifth mode, the electrode for forming (i) optical amplification waveguide, and equipping with amplifying the light of a required part in an optical circuit or the (ii) photo detector and a light emitting device, and the fiber for supplying light further, and receiving the input/output terminal of an electronic device can be formed, and only by placing the usual electronic device and carrying out electrical installation, when it can be made to perform optical connection, the above-mentioned problem can be solved.

[0012]

[Example] It cannot be overemphasized that it is not what limits this invention to the following examples hereafter although an example explains this invention still more concretely.

[0013] An example of the first mode of this invention was notionally shown in drawing 2. The top face of the substrate in which optical waveguide was formed is equipped with optical devices (light corpuscle child) and photoelectron accumulation devices (photoelectron component (OEIC)), such as semiconductor laser, LED, a photodiode, a photo transistor, an optical fiber, a holographic optical device, an optical modulator, and an optical switch, on the substrate inferior surface of tongue where an electronic device (for example, IC) has electric wiring. The top face and inferior surface of tongue of a substrate are connected with the electric wiring or optical wiring which penetrated the substrate. In addition, in drawing 2, an electronic device may live together on the top face, and the light corpuscle child and the photoelectron accumulation device may live together on the inferior surface of tongue. Moreover, as shown in drawing 3, optical waveguide (and electric wiring) may live in the field of another side of electric wiring and a substrate together in one field of a substrate.

[0014] A part of such electric wiring and optical waveguide [at least] are connected to the device, the electric wiring on a substrate side may be a multilayered circuit board (for example, crystallized glass multilayered circuit board), and optical wiring may be a multilayer optical circuit. Moreover, when it constitutes a part or all of optical waveguide from nonlinear optical effect ingredients, such as for example, a pendant addition mold polymer, a principal chain mold polymer, and a conjugation polymer, an optical switch, a modulator, etc. can be built into a substrate and flexible optical wiring is attained. It can equip with the multi chip module which comes to accumulate two or more optical devices, two or more electron devices, and/or two or more photoelectron accumulation devices on a chip on a substrate. It can also equip in the form where the board which carried the electron device, the optical device, and/or the photoelectron device was built.

[0015] A double-sided circuit which was described above is producible with the patterning process using a double sided aligner by the technique (for example, refer to Japanese Patent Application No. (March 6, Heisei 4 application) 48961 [four to]) of multilayer optical circuit formation, after forming for example, inferior-surface-of-tongue electric wiring and the electric wiring for connection between an inferior surface of tongue and a top face with the conventional circuit board technique. In addition, a buffer layer has little light absorption, and if a polymer, the inorganic film, etc. are matter with a refractive index smaller than the waveguide section, it can constitute them from an ingredient of arbitration.

[0016] An example of an electronic optical circuit which followed drawing 4 at the second mode

http://www4.ipdl.ncipj.go.jp/cgi-bin/tran_web.cgi.ejje

2005/10/03

conjugation polymer), an electro-optics polymer (it is (for example, Japanese Patent Application No. [No. (March 26, Heisei 3 application) 132448 / three to] like a publication)), a compound semiconductor (for example, superlattice of III-V group semi-conductor or an II-VI group semi-conductor), etc. In addition, a grating-like electrode is attached to a change of the Kushiata electrode, and an electrical potential difference can be applied between substrates.

[0020] According to applied voltage, the part or all carries out outgoing radiation of the guided wave light out of waveguide by refractive-index change produced with the output voltage of MCM. Through a holographic optical element, this light can be led to other optical circuit substrates, and photo electric conversion is carried out by the photo detector prepared in other optical circuit substrates, and it serves as an input of MCM. OEIC with which the photo detector and the amplifier circuit were monolithized here (it is effective to use an optoelectronic integrated circuit (for example, for the photodetector and the electrical signal amplifying circuit to be formed in the monolithic)). Or if the substrates of MCM are semi-conductors, such as Si, a photodetector and an electrical amplification circuit can be built to a substrate, moreover once — light — a holographic optical element and a diffraction grating — using — guided wave light — changing — an optical switch and optical amplification components (for example, semiconductor amplifier, waveguide amplifier, etc.) — guiding — after [predetermined processing] photo electric conversion — you may carry out. Or after predetermined processing, outgoing radiation can be again carried out out of waveguide, and it can also guide to other optical circuit substrates. Furthermore, by putting a holographic optical element on the optical outgoing radiation section, the wave front of an outgoing radiation beam can be controlled and light can also be guided towards desired.

[0021] Although the example of drawing 6 (A) showed the optical transfer between the multi chip modules (MCM) which carried some ICs, drawing 7 is the example of the optical transfer between ICs. Since the principle is completely the same as drawing 6, explanation is omitted. In this case, the output of IC was transmitted with light and it has told other ICs. Moreover, although the following contents are explained by the example of MCM, all are applied also between ICs.

[0022] Drawing 8 is the example of the optical supply gestalt to an optical circuit. There are installation from LD array, installation from a fiber, installation by equipping with LD on an optical circuit, etc. In addition, it may prepare on an optical circuit substrate as OEIC.

[0023] Drawing 9 is the example which carried out outgoing radiation of the light by the holographic optical element or the diffraction grating after modulation ***.

[0024] After switching drawing 10 with a matrix optical switch or a 1xN switch, outgoing radiation of it is carried out, and it is effective in switching wiring and increasing the degree of freedom of an operation. Moreover, the outgoing radiation point can be chosen also by preparing the outgoing radiation section in multistage. In this case, if the period of a grating is changed, an outgoing radiation angle will become controllable.

[0025] In drawing 11, MCM and a holographic optical element are intermingled on a mother board. It is also possible to insert a holographic optical element between mother boards like drawing 12.

[0026] An example of the fourth mode of this invention is shown in drawing 13. In this mode, the optical switch (optical circuit element) to which mode transformation and optical-path conversion can be changed is offered in each location of an optical circuit using the Pockels effect or the optical Kerr effect. The multilayer waveguide bottom is a multimode (or the direction of a field multimode), and the bottom is single mode waveguide. Waveguide and/or a buffer (clad) layer are nonlinear optics waveguides, and have switched most or a part of light to the upper layer from the lower layer. Since this optical waveguide is multimode waveguide, the light which shifted to the upper optical waveguide 1 can enlarge waveguide deflection. As long as the ingredient of optical waveguide is a non-linear optical material which the switch section described above, passive waveguide is sufficient as others. Optical waveguide 2 is a single mode and drawing 14 is the example of three layers which optical waveguides 1 and 3 made the multimode. In this example, light is switched to optical waveguides 1 or 3 from optical waveguide 2. Contrary to [drawing 15] the example of drawing 13, the bottom is the example of a multimode. Thus, according to this invention, you may constitute so that light may shift between

http://www4.ipdl.ncipj.go.jp/cgi-bin/tran_web.cgi.ejje

2005/10/03

[some / at least] a part of optical waveguide [at least] which could form optical waveguide in the shape of a multilayer on the substrate, and was prepared in the multilayer up layer, and the optical waveguide prepared in the lower layer. Moreover, it cannot be overemphasized that it is possible for multilayer structure to have been shown or to carry out same actuation in the usual planar structure in these examples. Moreover, it is not limited to the switch said from a single to multi. The switch to n mode (n>3) waveguide from speed waveguide is also possible.

[0027] Drawing 16 and 17 are the examples which were adapted for the optical interconnection. According to these examples, the lightwave signal according to the output voltage of IC can be transmitted by making an optical switch correspond to the output terminal of an electronic device, and forming an optical circuit substrate by the optical shift to the channel waveguide or channel waveguide from slab mold waveguide from a channel waveguide.

[0028] Drawing 18 is an example which makes an optical-path change of the light of wavelength lambda by the waveguide hologram. As shown in drawing, if the example of drawing 18 is explained, in this mode, optical waveguides 1, 2, and 3 will be arranged. There is especially no limitation in an optical waveguide ingredient. On a straight line, there are optical waveguides 1 and 2, they form the waveguide which counters, and form the 3rd waveguide 3 further. Moreover, although the waveguide lens is formed corresponding to the optical waveguides 1 and 2 which counter, the lens of the 3rd waveguide 3 is not necessarily required. If it lets a light coherent on the same wavelength pass here as shown in drawing 18 (A), a hologram will be made with those cross points. Consequently, the light lambda which carried out outgoing radiation of the light lambda which carried out outgoing radiation from the waveguide 3 of an opposite side from optical waveguide 2 conversely to optical waveguide 2 goes into the waveguide 3 of an opposite side. As mentioned above, a rapid optical-path change can be automatically made by using a hologram. The hologram format field consists of a photosensitive ingredient, and can apply the usual hologram ingredient to this.

[0029] Furthermore, as shown in drawing 19, the mode transformation of a single/multi also becomes possible by performing a single mode for the optical waveguides 1 and 2 which oppose, and performing the process same as a multimode for the 3rd waveguide 3.

[0030] Drawing 20 and 21 consider as one waveguide instead of two waveguides which drawing 18 and 19 counter, it is the example in which the 3rd waveguide 3 which is not parallel to this was formed, and if they produce a hologram like drawing 18 and 19, optical-path modification, and the single / multimode conversion of them will be attained. Drawing 22 and 23 are the examples of optical-path modification between slab mold waveguide and a channel waveguide, and a single / multimode conversion, respectively. It cannot be overemphasized that a hologram formation field at least needs to be a hologram ingredient in these cases.

[0031] Drawing 24 is the example which used the above mode transformation functions, switched by the single mode, multi-ized this, and was single-mode-ized by conversion. By this, since it becomes single mode light at the time of photo electric conversion, the speckle effect which poses a problem by the multimode can be controlled effectively. In addition, as the above-mentioned waveguide ingredient or a hologram ingredient, a well-known common ingredient can be used conventionally. For example, the film used as the cladding layer of waveguide is formed on base materials (substrate), such as glass, silicon, and plastics. As an ingredient of the film which forms a cladding layer, the copolymer from the mixture of polymers, such as polyvinyl alcohol, polyvinyl acetate, polymethylmethacrylate, and poly trifluoroethylmethacrylate, and those polymers and the configuration monomer of this polymer etc. can be used. The above-mentioned polymer is dissolved in a solvent, and it applies with a spin coat etc., and a cladding layer is produced. [on a base material] Subsequently, the photosensitive ingredient of the refractive-index modulation mold which forms waveguide and a hologram in the upper layer is applied. As a photosensitive ingredient of a refractive-index modulation mold, until now, for example A photopolymer handbook, The volume on photopolymer gathering for friendly discussion, the Kogyo Chosakai Publishing issue, the first edition (1989), and 442-457 Page: NIKKEI NEW MATERIALS, The April 16, 1990 issue, 43-49 pages; An ingredient technique, Vol.2, 10 (1984), 1-17 pages, O plus E, No.133 (1990), and 105-115 Many proposals are made in the page etc. and these ingredients can be used in this invention. For example, the ingredient which uses the

polymer of a low refractive index, the monomer of a high refractive index, and a photopolymerization initiator as a component can be used. There are polymethylmethacrylate, polyvinyl acetate, etc. as a low refractive-index polymer. As a high refractive-index monomer, dibromo phenyl acrylate, TORIBUROMO phenyl acrylate, Pentabromophenyl acrylate, vinyl naphthalene, vinylcarbazole, There is mixture, such as trimethylolpropane triscrylate and neopentyl glycol diacrylate, and there is an initiator of an iron-Arlen complex system, an organic peroxide system, and a birimidazole system etc. as a photopolymerization initiator. The transparent film may be again formed in the upper layer of a film as a cladding layer with a low refractive index rather than a film.

[0032]

[Effect of the invention] If this invention is followed as explained above, it can be used for the system which is rich in flexibility, and can realize the electronic optical circuit which can respond to a complicated interconnection, and uses optical circuits, such as optical exchange and optical communication, in common.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the drawing in which an example of the conventional optical circuit is shown.

[Drawing 2] It is the drawing in which an example of the first mode of the electronic optical circuit of this invention is shown.

[Drawing 3] It is the drawing in which other examples of the first mode of the electronic optical circuit of this invention are shown.

[Drawing 4] It is the drawing in which an example of the second mode of the electronic optical circuit of this invention is shown.

[Drawing 5] It is the drawing in which other examples of the second mode of the electronic optical circuit of this invention are shown.

[Drawing 6] It is the drawing in which an example of the third mode of the electronic optical circuit of this invention is shown.

[Drawing 7] It is the drawing in which other examples of the third mode of the electronic optical circuit of this invention are shown.

[Drawing 8] It is the drawing in which the example of further others of the third mode of the electronic optical circuit of this invention is shown.

[Drawing 9] It is the drawing in which the example of further others of the third mode of the electronic optical circuit of this invention is shown.

[Drawing 10] It is the drawing in which the example of further others of the third mode of the electronic optical circuit of this invention is shown.

[Drawing 11] It is the drawing in which the example of further others of the third mode of the electronic optical circuit of this invention is shown.

[Drawing 12] It is the drawing in which the example of further others of the third mode of the electronic optical circuit of this invention is shown.

[Drawing 13] It is the drawing in which an example of an optical switch according to the fourth mode of this invention is shown.

[Drawing 14] It is the drawing in which other examples of the optical switch of this invention are shown.

[Drawing 15] It is the drawing in which the example of further others of the optical switch of this invention is shown.

[Drawing 16] It is the drawing in which the example of further others of the optical switch of this invention is shown.

[Drawing 17] It is the drawing in which the example of further others of the optical switch of this invention is shown.

[Drawing 18] It is the drawing in which the example of further others of the optical switch of this invention is shown.

[Drawing 19] It is the drawing in which the example of further others of the optical switch of this invention is shown.

[Drawing 20] It is the drawing in which the example of further others of the optical switch of this invention is shown.

[Drawing 21] It is the drawing in which the example of further others of the optical switch of this

invention is shown.

[Drawing 22] It is the drawing in which the example of further others of the optical switch of this invention is shown.

[Drawing 23] It is the drawing in which the example of further others of the optical switch of this invention is shown.

[Translation done.]

ELECTRONIC OPTICAL CIRCUIT

Patent Number: JP6069490
Publication date: 1994-03-11
Inventor(s): YOSHIMURA TETSUZO; others: 06
Applicant(s): FUJITSU LTD
Requested Patent: ☐ JP6069490
Application Number: JP19920216920 19920814
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L27/15; G02B6/12; G02F1/35; H01S3/10
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE:To simplify waveguide wiring in an optical circuit by providing optical devices and electronic devices and/or photoelectric devices on both surfaces of a board and connecting to respective devices at least a part of optical waveguide and electrical wirings formed on the both surfaces of the board.

CONSTITUTION:Optical devices such as semiconductor laser, LED, photodiode, etc., or photoelectric integrated circuits are fixed on the upper surface of a board where light a waveguide is formed, while electronic devices such as ICs, etc., are fixed on the lower surface of the board where electrical wiring are prepared. Then the both surfaces are connected by means of electrical wirings or optical wirings communicating each other in the board, an optical waveguide and an optical fiber are connected on the surface of an optical circuit, and optical waveguide devices and optical devices are integrated to constitute an electronic optical circuit at the same time. Further, when the optical waveguide is constructed by nonlinear optical effect materials such as pendant- added type polymer, etc., optical switches, modulators, etc., can be built in the board, thereby enabling flexible optical wiring.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-69490

(43)公開日 平成6年(1994)3月11日

(51)Int.Cl. ³	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 27/15		8934-4M		
G 0 2 B 6/12	B	9018-2K		
G 0 2 F 1/35		8106-2K		
H 0 1 S 3/10	Z	8934-4M		

審査請求 未請求 請求項の数14(全 13 頁)

(21)出願番号 特願平4-216920

(22)出願日 平成4年(1992)8月14日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 吉村 徹三

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者 辰浦 智

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者 外山 弥

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 青木 朗 (外2名)

最終頁に続く

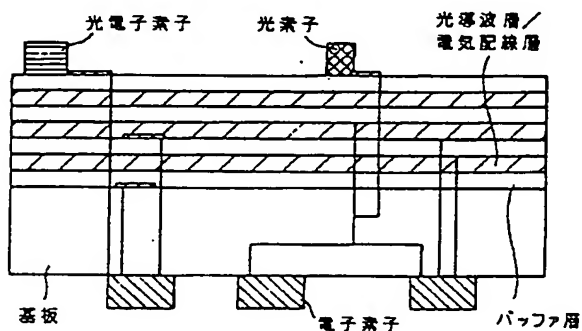
(54)【発明の名称】 電子光回路

(57)【要約】

【目的】 フレキシビリティに富み、複雑な光インターコネクションに対応できる電子光回路、また電子素子やOEICを配置し、電気的コンタクトを行うだけで光接続ができるような簡単な電子光回路、更に複数の光回路面で光を切りとりすることにより光回路内での導波路配線を簡素化する電子光回路を提供する。

【構成】 基板の両面に装着した光デバイスと電子デバイス及び/又は光電子デバイスと基板の両面に形成した光導波路及び電気配線の少なくとも一部とを接続して電子光回路を構成し、また光導波路と光ファイバーとを光回路表面上で接続し、導波路デバイスとファイバーデバイスとを一体化して電子光回路を構成し、更に光スイッチ又は変調器を電子デバイス又は光デバイスの出力端子に対応させて電子光回路を構成して電圧印加による屈折率変化で光を光回路外部に射出させることによって目的を達成する。

本発明の第一態様の一例



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板の両面に光デバイスと、電子デバイスおよび／または光電子デバイスとを装着してなり、基板の両面に光導波路及び電気配線が形成されており、その少なくとも一部が前記デバイスに接続されている、電子光回路。

【請求項2】 光デバイスが半導体レーザ、LED、フォトダイオード、フォトトランジスタ、光ファイバ、ホログラフィック光学デバイス、光変調器及び光スイッチから選ばれた少なくとも一つ又はそれを載せたマルチチップモジュールであり、電子デバイスが半導体集積回路又は複数の半導体集積回路を載せたマルチチップモジュールまたはボードであり、光電子デバイスが光デバイスと電子デバイスとをチップ上に集積したオプトエレクトロニック集積回路であるか、または、光デバイス、電子デバイス、OEICの中から選ばれた2種類以上のデバイスを載せたマルチチップモジュールまたはボードである請求項1に記載の電子光回路。

【請求項3】 基板上に光導波路、または光導波路および電気配線が形成された光回路において、光導波路と光ファイバとの接続を、光回路上に光ファイバを装着して行ない、かつ光導波路と光デバイスおよび／または光電子デバイスとの間を光ファイバで接続することを特徴とする電子光回路。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか1項に記載の光回路において、光増幅導波路が更に形成された電子光回路。

【請求項5】 光導波路を形成した光回路基板上に、受光素子又は受光素子および発光素子を装着し、電子素子の入出力端子を受けるための電極を形成してなる請求項1、2、3又は4の電子光回路。

【請求項6】 光スイッチまたは変調器を電子デバイスまたは光電子デバイスの出力端子に対応させて形成した電子光回路において、電圧印加で生じた屈折率変化により光回路内の導波路から光回路外部に導波光の少なくとも一部を出射させてデータを送るようにしたことを特徴とする電子光回路。

【請求項7】 光スイッチまたは変調器を電子デバイスまたは光電子デバイスの出力端子に対応させて形成した電子光回路であって、電圧印加で生じた屈折率変化により光スイッチまたは光変調された光を光回路内の導波路から光回路外部に出射させ、データを送るようにした電子光回路。

【請求項8】 ポッケルス効果または光カー効果を利用して、光導波路から他の光導波路に光を切り換える光スイッチにおいて、光切り換えに係わる導波路のうちの少なくとも一つの導波路が、他の光導波路と異なるモード数を持つようにして配置して成ることを特徴とする光スイッチ。

【請求項9】 直線状に対向したチャネル型光導波路1

及び2と、該導波路1及び2の間隙に少なくとも出射光の一部を通過させ得るようにチャネル型光導波路3とを配置し、光導波路1（または2）と光導波路3に同一波長で可干渉性の光を入射させて、上記間隙を含む領域にホログラムを形成せしめ、光導波路2（または1）から光導波路3へ、または光導波路3から光導波路2（または1）へ光路を変更させるようにした光路交換素子。

【請求項10】 請求項9においてチャネル型光導波路1及び2は同一モード数を有する導波路とし、チャネル型光導波路3は光導波路1及び2と異なるモード数を有する導波路として、光のモードを交換するようにしたモード交換素子。

【請求項11】 チャネル型光導波路1と、該導波路に平行でないようにチャネル型光導波路2とを配置し、これらの光導波路1及び2に同一波長で可干渉性の光を入射させて両方の光のオーバーラップ部分にホログラムを形成せしめ、光導波路1から光導波路2へ、または導波路2から導波路1へ光路を変更させるようにした光路交換素子。

【請求項12】 請求項11において、チャネル型光導波路1とチャネル型光導波路2とが異なるモード数を有するようにして光をモード交換させるようにしたモード交換素子。

【請求項13】 チャネル型光導波路1とスラブ型導波路2とを配置し、光導波路1と2とに同一波長で可干渉性の光を入射させて両方の光のオーバーラップ部分にホログラムを形成せしめ、光導波路1から光導波路2へ、または光導波路2から光導波路1へ光路変更させるようにした光路交換素子。

【請求項14】 請求項13において、チャネル型光導波路1とチャネル型導波路2とが異なるモード状態を有するようにして光をモード交換させるようにしたモード交換素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は電子光回路に関し、更に詳しくはフレキシビリティに富み、複雑なインターコネクションに対応できる電子光回路に関する。

【0002】

【従来の技術】光回路は、計算機の光インターコネクションや光交換機をはじめ、種々の光システムにおいて、重要な役割を果たしつつあることはよく知られている通りである。従来提案されている代表的な光回路の一例を図1に示す。この例では、ICやマルチチップモジュールなどの電子素子間を光導波路で結合し、信号伝達を行っている。しかしながら、この光回路においては、ICの数が増加して接続が複雑になると、導波路を頻繁に交差させる必要を生じたり、また半導体レーザやフォトダイオードとのインターフェースをスムーズにとったりすることが重要となる。また、ICの数が増加して接続

が複雑になると、導波路の屈折を大きくとらなければならないが、現在通常用いられているシングルモード導波路では、導波路の曲がりを大きくすることは困難である。一方、導波路に光スイッチや光変調機能をもたせようとする、シングルモード導波路が望ましいというジレンマがあった。さらに、導波路光スイッチ、光変調器を駆動するためのIC、受信信号のアンプなどの電子デバイスが基板上に目白押しとなり実装上からも大きな問題となっている。

【0003】また、光インターコネクションなどにおいては、光アンプ機能があることが望ましいが、現在のところ、光アンプとしては、ErドープファイバーやPrドープファイバーのようにファイバー形状のものが大部分であり、光回路への適用が困難であるという問題がある。

【0004】
【発明が解決しようとする課題】本発明は前記した従来の電子光回路の問題点を解決し、フレキシビリティに富み、複雑な光インターコネクションに対応できる電子光回路を提供することを目的とする。

【0005】本発明は、また、電子素子やOEICを配置し、電気的コンタクトを行うだけで光接続ができるような簡便な電子光回路を提供することを目的とする。

【0006】本発明は、更に、複数の光回路間で光をやりとりすることにより、光回路内での導波路配線を簡素化することのできる電子光回路を提供することを目的とする。

【0007】
【課題を解決するための手段】本発明の第一の態様では、基板の両面に光デバイスと、電子デバイス及び/又は光電子デバイスとを装着し、さらに多層回路を導入することにより、上記問題を解決することができる。

【0008】本発明の第二の態様では、従来、光導波路端面から行われていた光導波路と光ファイバーとの接続を光回路表面上で行わせ、導波路デバイスとファイバーデバイスとを一体化し、さらに他の電子光回路と接続することにより、更に好ましくは光増幅ファイバーを取り付け、光回路で必要な箇所の光を増幅することにより上記問題を解決することができる。

【0009】本発明の第三の態様では、光スイッチまたは変調器を電子素子の出力端子に対応させて形成した電子光回路において、電圧印加で生じた屈折率変化により光回路内の導波路から光回路外部に導波光の一部または全部を射出させてデータを送るようにした電子光回路によって上記問題を解決することができる。

【0010】本発明の第四の態様では、光スイッチにより、電子光回路の位置ごとにモード数を適宜変化させることにより、また、モード変換や光路変換を導波路ホログラム材料で行うことにより上記問題を解決することができる。

【0011】第五の態様では、(i)光増幅導波路を形成し、光回路で必要な箇所の光を増幅すること又は(ii)受光素子や発光素子、更には光を供給するためのファイバーを装着し、また、電子素子の入出力端子を受けるための電極を形成し、通常の電子素子を置いて電気的接続をするだけで光接続ができるようにすることにより上記問題を解決することができる。

【0012】

【実施例】以下、実施例により本発明を更に具体的に説明するが、本発明を以下の実施例に限定するものでないことはいうまでもない。

【0013】図2に、本発明の第一の態様の一例を概念的に示した。半導体レーザ、LED、フォトダイオード、フォトトランジスタ、光ファイバ、ホログラフィック光学デバイス、光変調器、光スイッチ等の光デバイス(光素子)や光電子集積デバイス(光電子素子(OEIC))は光導波路を形成した基板の上面に、電子素子(例えばIC)は電気配線を有する基板下面に装着されている。基板の上面と下面は基板を貫通した電気配線または光配線で接続されている。なお、図2において、上面に電子素子、下面に光素子や光電子集積デバイスが共存していてもよい。また、図3に示すように、基板の一方の面に電気配線、基板の他方の面に光導波路(及び電気配線)が共存していてもよい。

【0014】これらの電気配線及び光導波路の少なくとも一部はデバイスに接続されており、基板面上の電気配線は多層回路基板(例えばガラスセラミックス多層回路基板)であってもよく、光配線は多層光回路であってもよい。また、光導波路の一部または全部を例えばペンダント付加型ポリマー、主鎖型ポリマー、共役ポリマーなどの非線形光学効果材料で構成する場合には、光スイッチ、変調器などを基板に組み込むことができ、柔軟な光配線が可能となる。基板上には、複数の光デバイスおよび/または複数の電子デバイスおよび/または複数の光電子集積デバイスをチップ上に集積してなるマルチチップモジュールを装着することができる。電子デバイス及び/または光デバイス及び/または光電子デバイスをのせたボードをたてた形で装着することもできる。

【0015】前記したような両面回路は、例えば、下面電気配線および下面と上面との接続用の電気配線を従来の回路基板技術で形成した後、両面露光装置を用いたパターンニングプロセスにより多層光回路形成の手法(例えば特願平4-48961号(平成4年3月6日出願)参照)で作製することができる。なお、バッファ層はポリマー、無機膜など、光吸収が少なく、屈折率が導波路部より小さい物質であれば任意の材料から構成することができる。

【0016】図4に、本発明の第二の態様に従った電子光回路の一例を概念的に示した。この例では多層導波路構造の例を示したが、必ずしも多層構造とする必要はな

い。この態様では半導体レーザ、フォトダイオード、フォトトランジスタ、光スイッチ等の光デバイスと導波路の結合の全部または一部を、例えば石英やポリマーなどの材質の光ファイバー（光ファイバーリボンもしくはハンドルを含む）を通して行う。その際、光回路面にあらかじめ光ファイバーを装着しておき、それと光デバイスを接続するか、または、光素子に接続されたファイバーを光回路面上に接続する。或いは、光回路面にあらかじめファイバーを装着し、また光素子にもファイバーを接続しておき、それらを接続する光回路面上に接続する。ファイバーと導波路の接続には、例えば、後で説明する光スイッチに示したようなホログラムを利用した方法によることができる。基板上に装着する素子は、光デバイス、電子デバイス、光電子デバイスや、複数の光デバイスおよび／または複数の電子デバイスおよび／または複数の光電子集積デバイスとをチップ上に集積してなるマルチチップモジュールとすることができる。また、これらをのせたボードとしてもよい。この場合、ボードは光回路面に対して、たてて設置することが望ましい。

【0017】また、光増幅ファイバーを例えば図4に示すように、光回路面から取り出してポンプ光（例えばトリウムドープガラスファイバーの場合は $\sim 680\text{nm}$ がポンプ光で 800nm 付近の光を増幅する。エルビウムドープガラスファイバーの場合は、 $1\mu\text{m}$ 付近のポンプ光で $1.5\mu\text{m}$ 付近の光を増幅）で増幅して光回路面に戻すことにより、必要な部分において光増幅を行うことができる。これにより光電変換後の電気的な増幅への負担が減り、または電気的増幅が不要になるため、システムを簡略化することができる。

【0018】図5に、本発明の第五の態様に従った電子光回路の他の例を示す。この例においては、導波路の一方は光アンプ機能を有する光増幅導波路である。ドープするイオンは使う波長により異なるが、例えば $1.5\mu\text{m}$ 帯では Er^{3+} イオン、 $1.3\mu\text{m}$ 帯では Pr^{3+} イオン、 $0.8\mu\text{m}$ 帯では Tm^{3+} イオンが使用できる。半導体レーザからの光をポンプ光（例えば波長 $0.98\mu\text{m}$ のレーザ光）で増幅し、これを光の供給源（光電源）とする。光回路には、例えばフォトダイオード（PD）などの光デバイスを装着されており、またICの入出力端子に対応して電極を形成してある。このような光回路基板にICを装着すると、ICの出力端子の電圧に応じてEO（電気光学）ポリマー（ポッケルス効果を示すポリマーで、電圧に比例して屈折率が変化する）の屈折率変調が生じ、光電源の光の大部分または一部がピックアップされる。この光が他の入力ピンに対応して形成されたフォトダイオードに送られ光電変換により電気信号としてICに入力される。ここで信号光の強度が $0.1\sim 1\text{mW}$ オーダー程度と強ければ、電気的増幅が不要になるか、あるいは低増幅率の増幅で済むことになる。光増幅導波路が、光スイッチでピックアップ後の光信号の経路に置か

れていてもよい。またEOポリマーの位置は、図の位置に限定されず、導波路層、クラッド層又はこれらの両方の層に形成されていてもよい。

【0019】図6に、本発明の第三の態様に従った電子光回路の一例を示す。図6（A）、（B）及び（C）の例では、例えばシリコンウエハー上に幾つかのICをのせてマルチチップモジュール（MCM）の光回路基板を示す（図6（A）参照）。これらは図6（B）に示すように、マザーボード上に複数設置されていてもよい。これらの各MCMの出力は楕形電極に接続されており、楕形電極の他端はグラウンドに落ちている。楕形電極は導波路上に設けられ、サイズは、導波路に電極が掛かっている限り出来るだけ小さいことが望ましい。また、楕形電極下の導波路および／またはバッファ層はポッケルス効果を持つ電気光学物質、例えば、有機非線形光学結晶（例えばMNBA、DAN、MNAなどペンダント付加型ポリマー、主鎖型ポリマー、共役ポリマー）、電気光学ポリマー（例えば特願平3-132448号（平成3年3月26日出願）に記載のような）、化合物半導体（例えばIII-V族半導体やII-VI族半導体の超格子）などで構成することができる。なお、楕形電極の変わりにグレーティング状の電極をつけ、基板との間に電圧がかけられるようにすることもできる。

【0020】導波路は、MCMの出力電圧により生じた屈折率変化により、印加電圧に応じてその一部または全部が導波路外に出射する。この光は、ホログラフィックオブティカルエレメントを経て、他の光回路基板に、導くことができ、他の光回路基板に設けられた受光素子により光電変換され、MCMの入力となる。ここで、受光素子とアンプ回路がモノリシック化されたOEIC（光電子集積回路（例えばフォトディテクターと電気信号増幅回路がモノリシックに形成されている）を用いることが有効である。あるいは、MCMの基板がSiなどの半導体であれば、基板にフォトディテクターや電気増幅回路をつくりつけておくこともできる。また、一旦、光をホログラフィックオブティカルエレメントや回折格子を用いて導波路に変え、光スイッチ、光増幅素子（例えば半導体増幅器や導波路増幅器など）に誘導し、所定の処理ののち光電変換してもよい。あるいは、所定の処理後、再び導波路外へ出射させ他の光回路基板に誘導することも出来る。さらに、光出射部にホログラフィックオブティカルエレメントをのせることにより、出射ビームの波面を制御し、所望の方向に光を誘導することもできる。

【0021】図6（A）の例ではICを幾つかのせたマルチチップモジュール（MCM）間での光伝達を示したが、図7はIC間での光伝達の例である。原理は図6と全く同じであるので説明は省略する。この場合は、ICの出力を光で伝達し、他のICに伝えている。また、以下の内容はMCMの例で説明されているが、IC間にもすべて適用されるものである。

【0022】図8は光回路への光供給形態の例である。LDアレイからの導入、ファイバからの導入、LDを光回路上に装着することによる導入などがある。このほか、OEICとして光回路基板上に設けることもある。

【0023】図9は変調を行った後、ホログラフィックオブティカルエレメントや回折格子により光を出射した例である。

【0024】図10は、マトリクス光スイッチや1×Nスイッチで切り換えた後出射するもので、配線を切り換え演算の自由度を増す効果がある。また、多段に出射部を設ける事によっても、出射先を選択できる。この場合、グレーティングの周期を変化させておけば出射角がコントロール可能となる。

【0025】図11では、マザーボード上にMCMとホログラフィックオブティカルエレメントが混在している。図12のようにマザーボードの間にホログラフィックオブティカルエレメントを挿入することも可能である。

【0026】図13に、本発明の第四の態様の一例を示す。この態様では光回路の各位置において、ポッケルス効果又は光カー効果を利用して、モード変換や光路変換を変化させることができる光スイッチ（光回路素子）が提供される。多層導波路の上側がマルチモード（または面方向にマルチモード）、下側がシングルモード導波路である。導波路及び又はバッファ（クラッド）層が非線形光学導波路であり、光の大部分または一部を下層から上層にスイッチングしている。上側の光導波路1に移行した光は、この光導波路がマルチモード導波路であるため、導波路曲がりを大きくすることができる。光導波路の材料は、スイッチ部が前記したような非線形光学材料であれば、他はパッシブ導波路でもよい。図14は光導波路2がシングルモードで、光導波路1及び3がマルチモードとした3層の例である。この例では光導波路2から光導波路1または3に光がスイッチングされる。図15は、図13の例とは逆に、下側がマルチモードの例である。このように、本発明によれば、基板上に多層状に光導波路を形成することができ、また多層の上部層に設けられた光導波路の少なくとも一部と、下部層に設けられた光導波路の少なくとも一部との間で光が移行するように構成してもよい。またこれらの例では、多層構造を示してきたが、通常のプレーナ構造において、同様の動作をさせることが可能なことは言うまでもない。また、シングルからマルチへという切り換えに限定されることもない。スピード導波路からnモード（ $n > 3$ ）導波路への切り換えも可能である。

【0027】図16及び17は光インターコネクションに適応した例である。これらの例によれば、チャンネル型導波路からチャンネル型導波路へ、またはスラブ型導波路からチャンネル型導波路への光移行により、光スイッチを電子素子の出力端子に対応させて光回路基板を形成することにより、例えば、ICの出力電圧に応じた光信号を伝達

することができる。

【0028】図18は波長λの光の光路変更を導波路ホログラムで行う例である。図18の例について説明すると、この態様では光導波路1、2及び3を図の如く配置する。光導波路材料には特に限定はない。光導波路1及び2は直線上にあり、対向する導波路を形成し、更に第3の導波路3を形成する。また、対向する光導波路1及び2に対応して導波路レンズが形成されているが、第3の導波路3のレンズは必ずしも必要でない。ここに、図18

(A)に示すように、同じ波長で可干渉性の光を通すと、それらのクロスポイントでホログラムができる。その結果、向かい側の導波路3から出射した光入は光導波路2へ、逆に光導波路2から出射した光入は向かい側の導波路3に入る。以上のように、ホログラムを用いることにより、急激な光路変更を自動的に行うことができる。ホログラム形式領域は、感光性材料からなっており、これには、通常ホログラム材料が適用できる。

【0029】更に、図19に示すように、対抗する光導波路1及び2をシングルモード、第3の導波路3をマルチモードとして同様のプロセスを実行することにより、シングル/マルチのモード変換も可能となる。

【0030】図20及び21は、図18及び19の対向する2つの導波路のかわりに一本の導波路とし、これに平行でない第3の導波路3を形成した例で、図18及び19と同様にホログラムを作製すると、光路変更やシングル/マルチモード変換が可能となる。図22及び23はそれぞれスラブ型導波路とチャンネル型導波路の間での光路変更及びシングル/マルチモード変換の例である。これらの場合は、少なくともホログラム形成領域は、ホログラム材料である必要があることは言うまでもない。

【0031】図24は、上述のような、モード変換機能を利用し、シングルモードでスイッチングし、これをマルチ化し、変換によりシングルモード化した例である。これによって、光電変換時にはシングルモード光となるので、マルチモードで問題となるスペckルノイズを効果的に抑制することができる。なお、上記した導波路材料やホログラム材料としては、従来公知の一般的材料を用いることができる。例えばガラス、シリコン、プラスチック等の支持体（基板）上に導波路のクラッド層となる膜を形成する。クラッド層を形成する膜の材料としては、ポリビニルアルコール、ポリビニルアセテート、ポリメチルメタクリレート、ポリトリフルオロエチルメタクリレート等のポリマーおよびそれらのポリマーの混合物、およびかかるポリマーの構成モノマーからの共重合体等を用いることができる。上記ポリマーを溶媒に溶解し、支持体上にスピンコート等によって塗布し、ベークしてクラッド層を作製する。次いで、その上層に導波路およびホログラムを形成する屈折率変調型の感光性材料を塗布する。屈折率変調型の感光性材料としては、これまで、例えば、フォトリソマーハンドブック、フォトボ

リマー懇話会編、工業調査会発行、初版（1989）、442～457頁；NIKKEI NEW MATERIALS、1990年4月16日号、43～49頁；材料技術、Vol.2、10(1984)、1～17頁、O plus E、No.133(1990)、105～116頁等において多くの提案がなされており、本発明ではこれらの材料を使用することができる。例えば、低屈折率のポリマーと高屈折率のモノマーおよび光重合開始剤を構成要素とする材料が使用でき、低屈折率ポリマーとしてはポリメチルメタクリレート、ポリビニルアセテート等があり、高屈折率モノマーとしてはジプロモフェニルアクリレート、トリプロモフェニルアクリレート、ペンタプロモフェニルアクリレート、ビニルナフタレン、ビニルカルバゾール、トリメチロールプロパントリアクリレート、ネオペンチルグリコールジアクリレート等の混合物があり、光重合開始剤としては鉄-アールン錯体系、有機過酸化物系、ビミダゾール系の開始剤等がある。感光膜の上層に、再び、感光膜よりも低屈折率で透明な膜をクラッド層として形成してもよい。

〔0032〕

〔発明の効果〕以上説明したように、本発明に従えば、フレキシビリティに富み、複雑なインターコネクションに対応できる電子光回路が実現でき、また光交換、光通信など光回路を使用するシステムに共通的に使用することができる。

〔図面の簡単な説明〕

〔図1〕従来の光回路の一例を示す図面である。

〔図2〕本発明の電子光回路の第一の態様の一例を示す図面である。

〔図3〕本発明の電子光回路の第一の態様の他の例を示す図面である。

〔図4〕本発明の電子光回路の第二の態様の一例を示す図面である。

〔図5〕本発明の電子光回路の第二の態様の他の例を示す図面である。

〔図6〕本発明の電子光回路の第三の態様の一例を示す*

* 図面である。

〔図7〕本発明の電子光回路の第三の態様の他の例を示す図面である。

〔図8〕本発明の電子光回路の第三の態様の更に他の例を示す図面である。

〔図9〕本発明の電子光回路の第三の態様の更に他の例を示す図面である。

〔図10〕本発明の電子光回路の第三の態様の更に他の例を示す図面である。

10 〔図11〕本発明の電子光回路の第三の態様の更に他の例を示す図面である。

〔図12〕本発明の電子光回路の第三の態様の更に他の例を示す図面である。

〔図13〕本発明の第四の態様に従った光スイッチの一例を示す図面である。

〔図14〕本発明の光スイッチの他の例を示す図面である。

〔図15〕本発明の光スイッチの更に他の例を示す図面である。

20 〔図16〕本発明の光スイッチの更に他の例を示す図面である。

〔図17〕本発明の光スイッチの更に他の例を示す図面である。

〔図18〕本発明の光スイッチの更に他の例を示す図面である。

〔図19〕本発明の光スイッチの更に他の例を示す図面である。

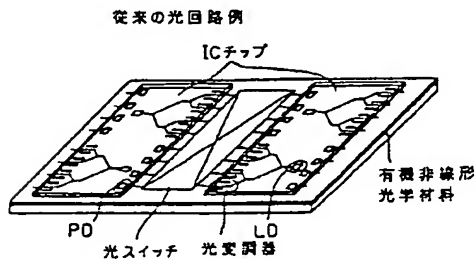
〔図20〕本発明の光スイッチの更に他の例を示す図面である。

30 〔図21〕本発明の光スイッチの更に他の例を示す図面である。

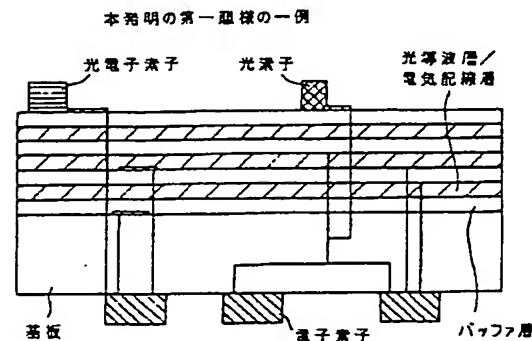
〔図22〕本発明の光スイッチの更に他の例を示す図面である。

〔図23〕本発明の光スイッチの更に他の例を示す図面である。

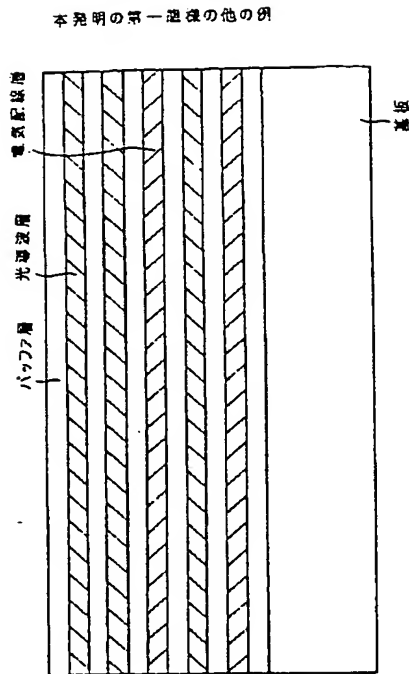
〔図1〕



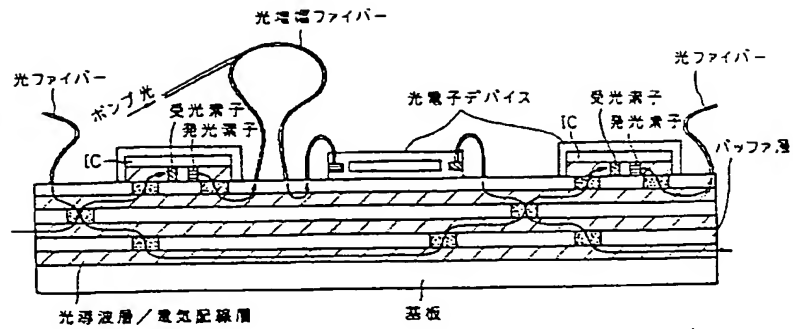
〔図2〕



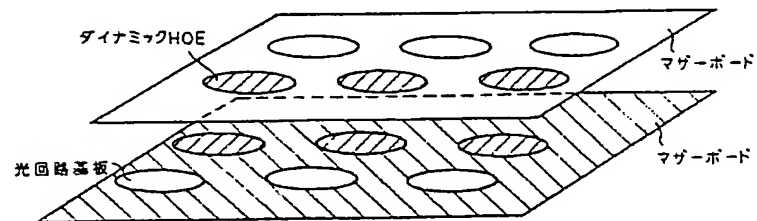
【図3】



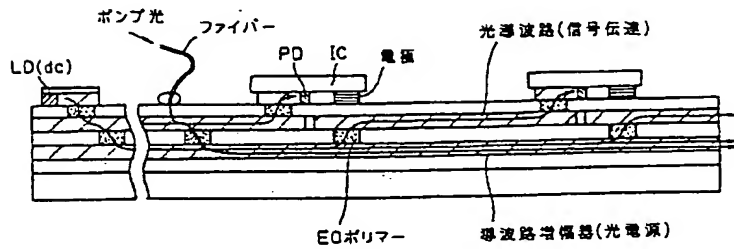
【図4】



【図11】

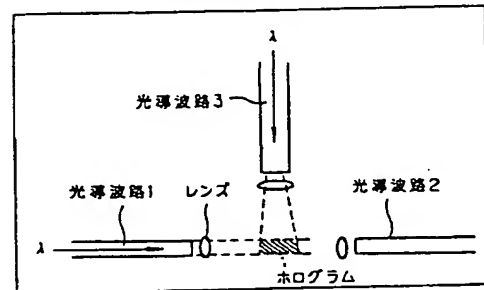


【図5】

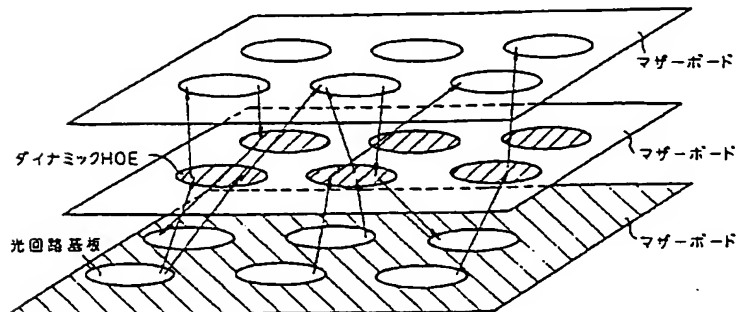


【図18】

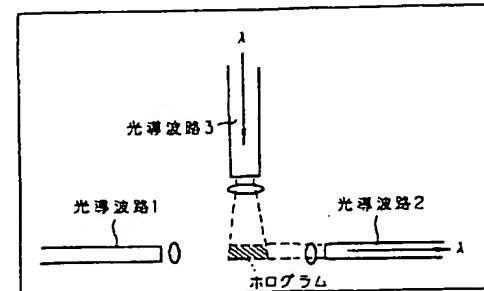
(A) ホログラム作製プロセス



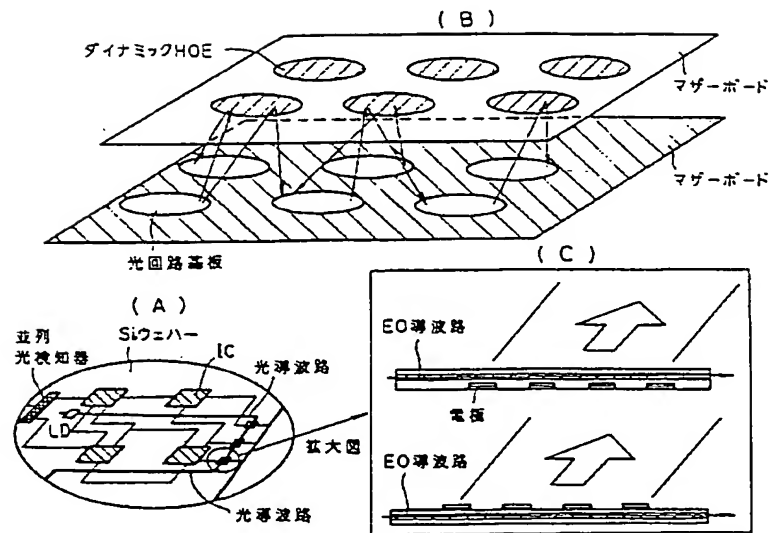
【図12】



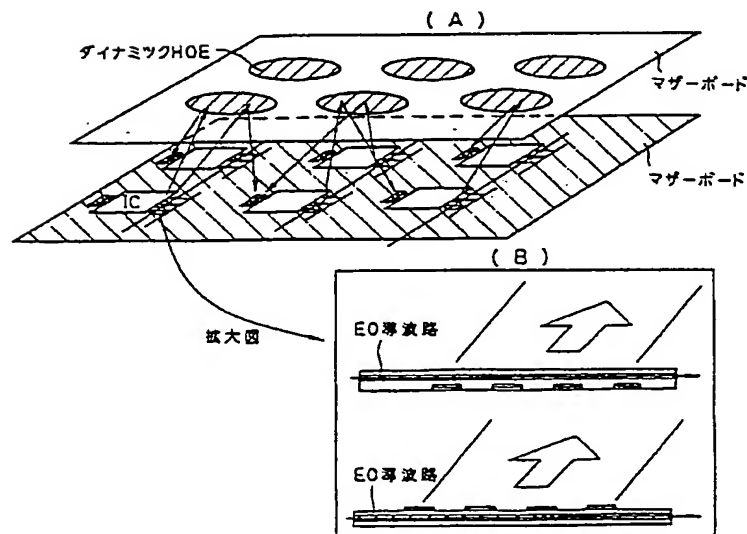
(B) 光路変換



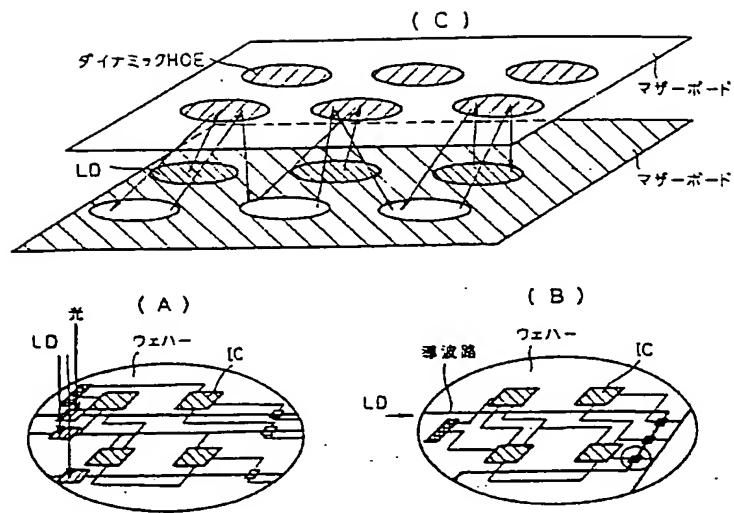
【図6】



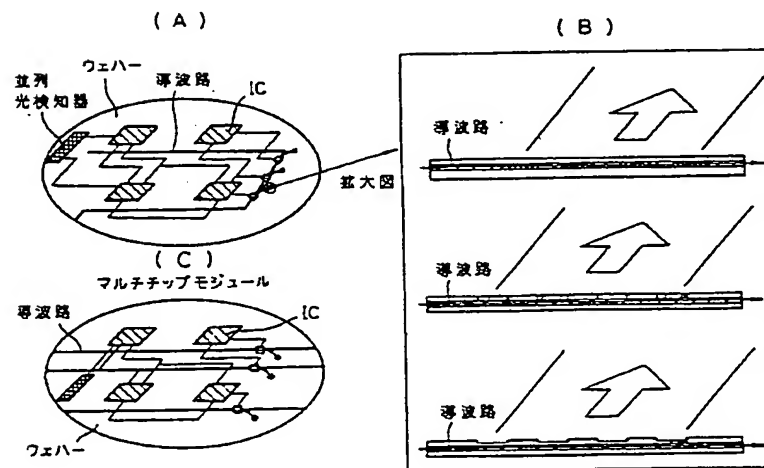
【図7】



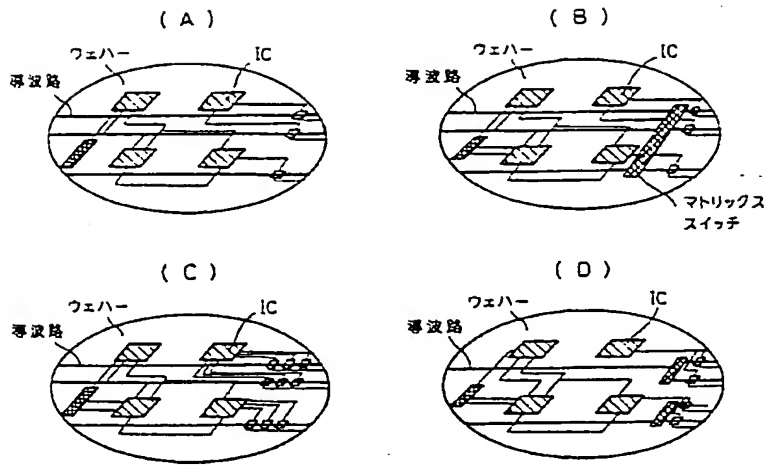
【図8】



【図9】

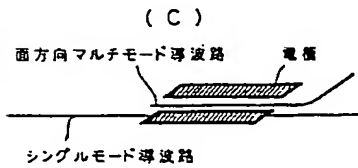
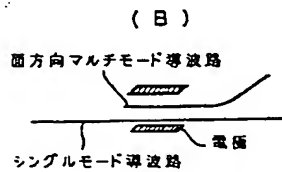
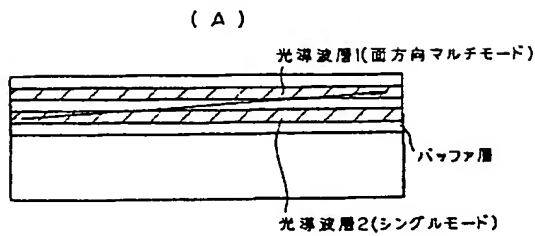


〔図10〕



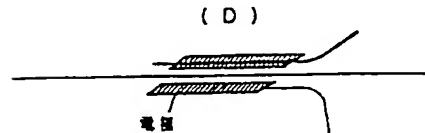
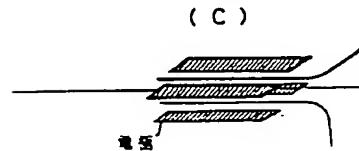
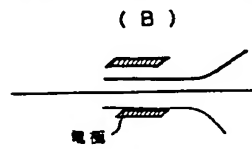
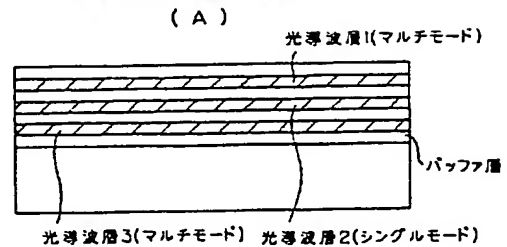
〔図13〕

本発明の第二態様の一例

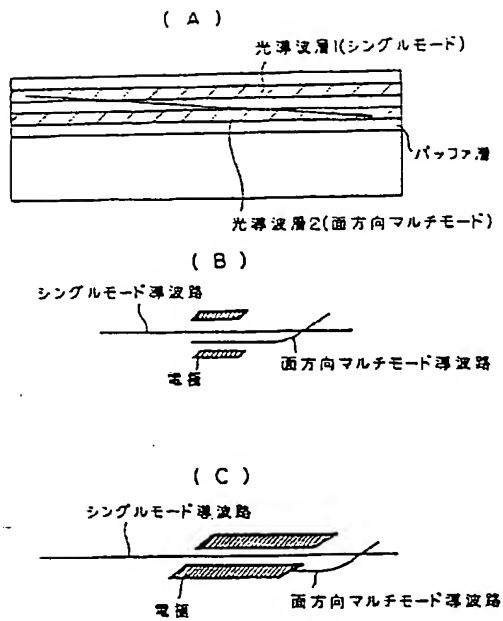


〔図14〕

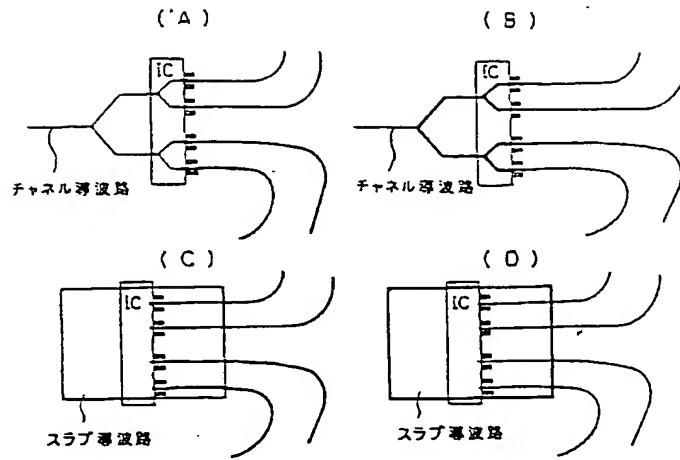
本発明の第二態様の他の例



〔図15〕

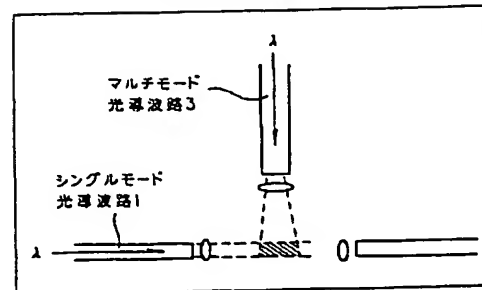


〔図16〕

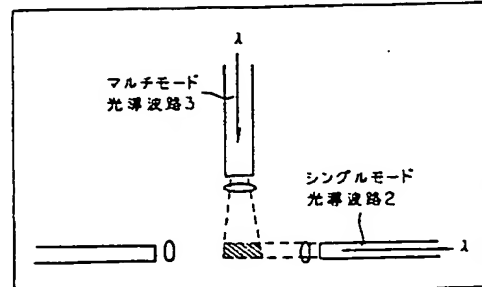


〔図19〕

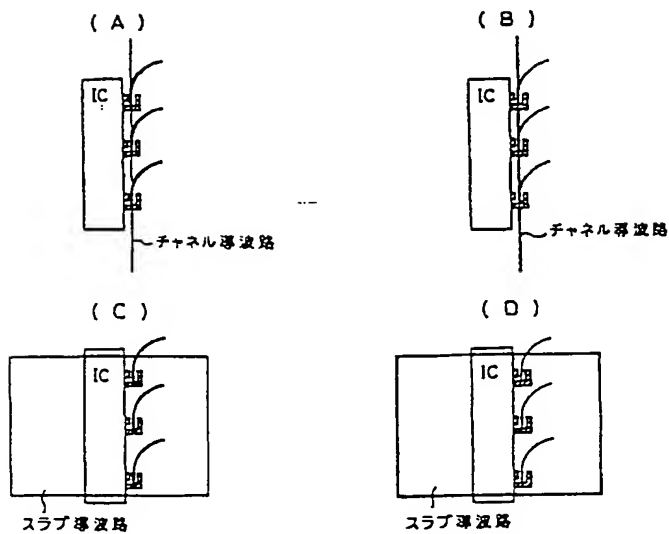
(A) ホログラム作製プロセス



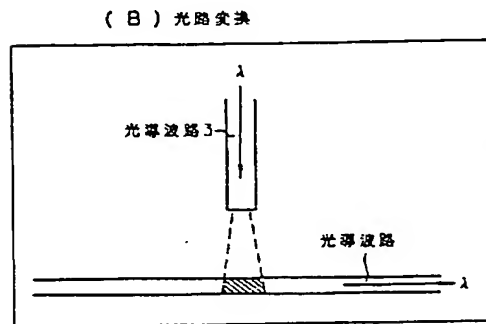
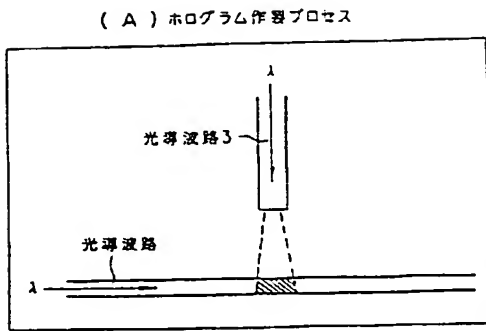
(B) シングル/マルチモード変換



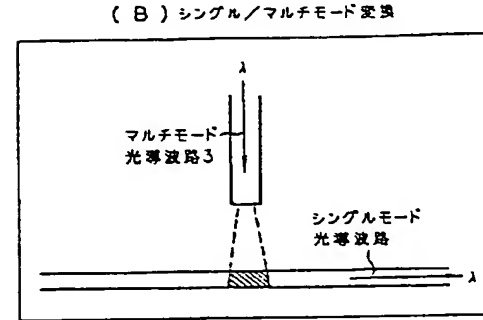
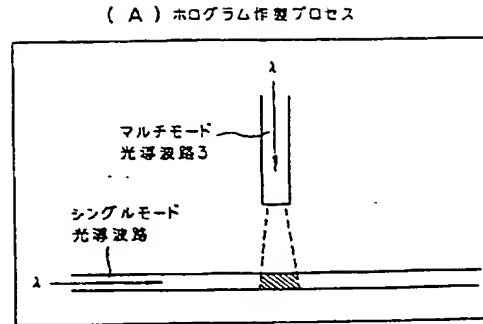
〔図17〕



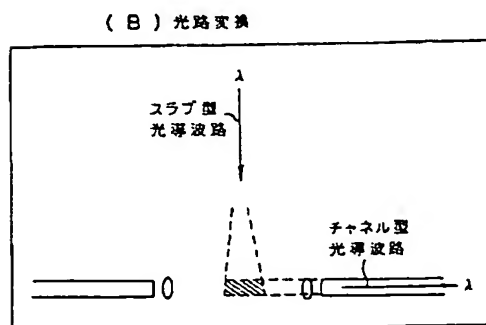
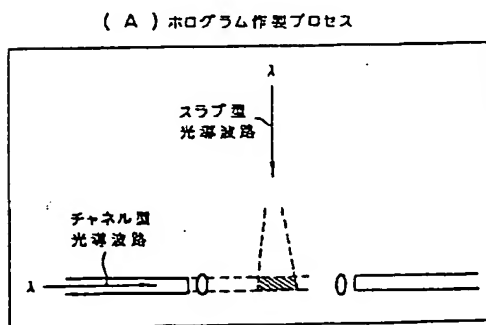
【図20】



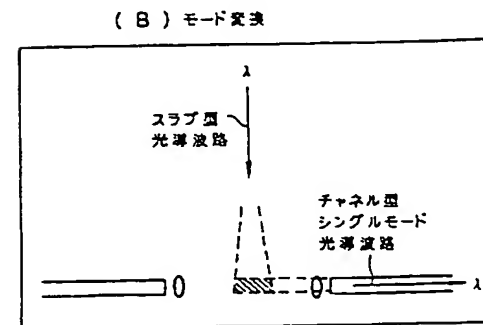
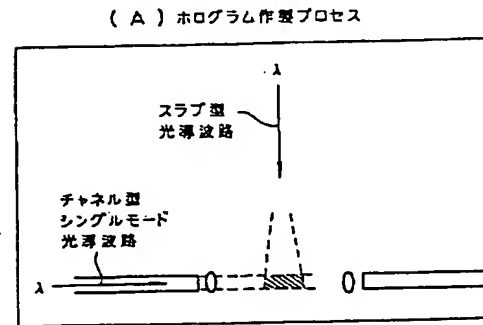
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(72)発明者 本吉 勝貞
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内
(72)発明者 石塚 剛
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72)発明者 塚本 浩司
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内
(72)発明者 米田 泰博
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.